

به نام خدا



# مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)



# التراسونیک به جای رادیوگرافی؛ چرا و چگونه؟

کامران خداپرستی

[kkhodaparasti@yahoo.com](mailto:kkhodaparasti@yahoo.com)

این مقاله پیش از این در "نشریه مشانیر، شماره ۶۵، سال ۱۳۹۱" به چاپ رسیده است.

**واژه های کلیدی:** آزمونهای غیر مخرب، جوشکاری، استاندارد، التراسونیک، رادیوگرافی

## پیشگفتار

به دلیل شرایط موجود کشور و تحریم های اعمال شده، به تازگی در پروژه های مختلف صنعتی از نفت و گاز تا پتروشیمی و نیروگاه، پیمانکاران درخواست می کنند تا با جایگزینی آزمون التراسونیک به جای آزمون رادیوگرافی موافقت گردد که این درخواستها پس از اینکه در خرداد ماه ۹۱ از سوی انجمن صنفی شرکتهای بازرسی و آزمایشهای غیر مخرب ایران انجام عملیات پرتونگاری از مصادیق فورس ماژور در تعهدات قراردادی اعلام گردید؛ بیشتر هم گردیده است.

اما در این بین پرسش های مهم و چالش برانگیزی مطرح می گردد: آیا همواره برای تمامی تجهیزات و تمام ضخامتها می توان این جایگزینی را انجام داد؟ از آنجایی که آزمون التراسونیک روشهای متفاوتی دارد؛ مناسبترین روش برای جایگزینی کدام است؟ چه الزامات و نکاتی باید در این جایگزینی مورد توجه قرار گیرند؟ کدها و استانداردها در این مورد چه رویکردی دارند؟ و پرسشهای دیگری که هر یک از آنها ممکن است ساعتها ذهن کارفرما و مشاور و دستگاه نظارت و بهره بردار را به خود مشغول نماید.

در نوشتاری که پیش روی شماست تلاش گردیده است تا زوایای مختلف این مهم به طور فشرده، بررسی گردد.

## بازرسی و آزمون

انجام آزمون بخش اساسی هر فعالیت مهندسی است. در بسیاری از مراحل فرآیند پیچیده تولید مواد مهندسی، از شکل دادن این مواد و ساخت قطعه گرفته تا در اتصال این قطعات و ایجاد یک فرآورده مهندسی، بازرسی و آزمون انجام می شود. نیاز به آزمون با پایان یافتن تولید از بین نمی رود و لازم است محصول در طول عمر کاریش مورد بازرسی و آزمون قرار گیرد تا تغییرات احتمالی ایجاد شده در آن، مانند آسیبهای مربوط به خوردگی و خستگی، مشخص گردد.

در طی تولید و حمل و نقل امکان دارد که انواع عیوب با اندازه های مختلف در ماده یا قطعه به وجود آیند. ماهیت و اندازه هر عیب روی عملیات بعدی آن قطعه تاثیر خواهد داشت. عیوب دیگری نیز مانند ترکهای حاصل از خستگی یا خوردگی ممکن است در طی کار قطعه ایجاد شوند. بنابراین برای آشکار سازی وجود عیوب در مرحله تولید و نیز جهت تشخیص و تعیین سرعت رشد این نقصها در طول عمر قطعه یا دستگاه، استفاده از روشها و ابزار مطمئن ضروری است.

عیوبی که در مواد و قطعات یافت می شوند، عبارتند از :

- عیوبی که ممکن است طی ساخت مواد خام به وجود آیند (ناخالصیهای سرباره، حفره های گازی، حفره های انقباضی، ترکهای تنشی، تورق و ...).
- عیوبی که ممکن است طی تولید قطعات به وجود آیند (عیوب ماشینکاری، عیوب عملیات حرارتی، عیوب جوشکاری، ترکهای ناشی از تنشهای پسماند و ...).
- عیوبی که ممکن است طی مونتاژ قطعات به وجود آیند (مونتاژ نادرست، ترکهای ناشی از تنش اضافی و ...).
- عیوبی که در مدت کاربری و حمل و نقل به وجود می آیند (خستگی، خوردگی، سایش، خزش، ناپایداری حرارتی و ...).

## انواع سیستمهای بازرسی

آزمونهای مخرب<sup>۱</sup>

در این نوع، آزمایشهای مختلف بر روی نمونه های استاندارد تهیه شده از قطعات مورد آزمون انجام می شود و پس از انجام تست نمونه از بین می رود مانند آزمون کشش - سختی سنجی - ضربه و ...

آزمونهای غیر مخرب<sup>۲</sup>

به مجموعه ای از روش های ارزیابی و بازرسی گفته می شود که هیچ گونه آسیب یا تغییری در سامانه ایجاد نکنند.

### تفاوتهای آزمونهای مخرب و آزمونهای غیر مخرب

در آزمونهای مخرب پس از اعمال آزمایش، قطعه کارایی خود را از دست می دهد در ضمن نمی توان تمام محصولات را تحت آزمایش قرار داد و باید به صورت تصادفی تعدادی از نمونه ها را آزمایش کرد. در این روش مخرب نیاز به تهیه نمونه استاندارد وجود دارد که برای آزمایش های مختلف متفاوت است.

گفتنی است آزمونهای مخرب و آزمونهای غیر مخرب در عرض یکدیگر قرار ندارند و انجام یک آزمون باعث بی نیازی از آزمون دیگر نمی شود.

### ویژگیهای آزمونهای غیر مخرب

روشهای مختلف آزمونهای غیرمخرب در عمل می توانند با روشهای بسیار متفاوتی در عیب یابی به کار روند. اعتبار هر روش آزمون غیرمخرب سنجشی از کارایی آن روش در رابطه با آشکارسازی نوع و شکل و اندازه بخصوص عیبهایی است. بعد از آن که بازرسی تکمیل شد، احتمال معینی وجود دارد که یک قطعه عاری از یک نوع عیب با شکل و اندازه بخصوص باشد. هر قدر این احتمال بالاتر باشد اعتبار روش به کار رفته بیشتر خواهد بود. اما باید این واقعیت را به خاطر داشت که بازرسیهای غیرمخرب برای اغلب قطعات به وسیله انسان انجام می گیرد و در اصل دو نفر همیشه نمی توانند یک کار تکراری مشابه را بطور دقیق همانند یکدیگر انجام دهند. از این رو باید یک ضریب عدم یقین در برآورد اعتبار بازرسی به حساب آورده شود و ارزش تصمیماتی رد و یا قبول قطعه باید از رویدادهای آماری تخمین زده شود.

نقش بازرسی غیرمخرب این است که با میزان اطمینان معینی ضمانت نماید که در زمان بکارگیری قطعه برای بار طراحی، ترکهایی به اندازه بحرانی شکست در قطعه وجود ندارند. همچنین ممکن است لازم باشد که با اطمینان، عدم وجود ترکهای کوچکتر از حد بحرانی را نیز ضمانت کند. اما رشد ترکهای کوچکتر از حد بحرانی، به ویژه در مورد قطعاتی که در معرض بارهای خستگی قرار دارند و یا در محیطهای خورنده کار می کنند، اهمیت دارد، به طوری که این گونه قطعات، قبل از این که شکست ناگهانی در آنها اتفاق بیفتد، به یک حداقل عمر کار مفید برسند. در برخی حالتها، بازرسیهای مرتب و متناوب جهت اطمینان از نرسیدن ترکها به اندازه بحرانی ممکن است ضروری باشد.

بکارگیری ایده های مکانیک شکست در طراحی، برای توانایی روشهای مختلف آزمونهای غیرمخرب در آشکارسازی ترکهای کوچک، حد و مرز تعیین می کند. اختلاف بین کوچکترین ترک قابل آشکارسازی و اندازه بحرانی آن، میزان ایمنی یک قطعه است.

در هر برنامه خاص بازرسی، تعداد عیوب شناسایی شده (هر چند زیاد)، با تعداد واقعی آنها مطابقت پیدا نمی کند، بنابراین احتمال شناسایی یک قطعه سالم و بدون عیبهایی با اندازه های گوناگون کاهش می یابد. اما هنگامی که قطعات بسیار مهم مورد نظر هستند، سعی بر این است تا حد امکان عیبهایی بیشتری شناسایی شوند و تمایل به قبول تمام نشانه های وجود عیبهایی زیاد است. زیرا اگر قطعه ای در طی بازرسی مردود و غیرقابل مصرف معرفی شود، بهتر از آن است که هنگام استفاده منجر به شکست فاجعه آمیز شود. مسلم است مهندسی که ایده های مکانیک شکست را مورد استفاده قرار می دهد، علاقه مند است که بداند به چه اندازه عیبهایی را در هنگام بازرسی مورد نظر داشته باشد. انتخاب روش با این بررسی اولیه تعیین می شود و تمام پارامترهای دیگر در درجه دوم اهمیت قرار می گیرند.

یکی از فایده های بدیهی و روشن به کار بردن درست آزمونهای غیرمخرب، شناسایی عیوبی است که اگر بدون تشخیص در قطعه باقی بمانند، موجب شکست فاجعه آمیز قطعه و در نتیجه بروز خسارتهای مالی و جانی فراوان خواهند شد. استفاده از این روشهای آزمون می تواند فواید زیادی از این بابت، در بر داشته باشد.

به کارگیری هر یک از سیستمهای بازرسی متحمل هزینه است، اما اغلب استفاده موثر از روشهای بازرسی مناسب موجب صرفه جویی های مالی قابل ملاحظه ای خواهد شد. نه فقط نوع بازرسی، بلکه مراحل بکارگیری آن نیز مهم است. بکارگیری روشهای آزمون غیرمخرب روی قطعات ریختگی و کار شده کوچک بعد از آنکه کلیه عملیات ماشینکاری روی آنها انجام گرفت، معمولاً بیهوده خواهد بود. در این گونه موارد باید قبل از انجام عملیات ماشینکاری پرهزینه، قطعات به دقت بازرسی شوند و قطعاتی که دارای عیوب غیرقابل قبول هستند کنار گذاشته شوند. باید توجه داشت کلیه معایبی که در این مرحله تشخیص داده می شوند، نمی توانند موجب مردود شدن قطعه از نظر بازرسی باشند. ممکن است قطعه ای دارای ناپیوستگیها و ترکهای سطحی بسیار ریز باشد که در مراحل ماشینکاری از بین بروند.

در زیر برخی از رایج ترین روش های آزمونهای غیر مخرب مورد استفاده در پروژه های صنعتی معرفی می شوند:

### بازرسی چشمی<sup>۲</sup>

این روش پایه ای ترین، ابتدایی ترین و معمولاً ساده ترین روش آزمون کنترل کیفیت و پایش تجهیزات می باشد. در این روش مسئول کنترل کیفیت باید مواردی را بطور چشمی کنترل کند.

### آزمون پرتو نگاری<sup>۴</sup>

تابش الکترومغناطیسی با طول موجهای بسیار کوتاه، یعنی پرتو ایکس یا پرتو گاما از درون مواد جامد عبور می کند اما بخشی از آن، توسط محیط جذب می شود. مقدار جذب پرتو در هنگام عبور از ماده به چگالی و ضخامت ماده و همچنین ویژگیهای تابش بستگی دارد. تابش عبوری از درون ماده می تواند به وسیله یک فیلم آشکار شود. اگر بخواهیم دقیقتر بگوییم، عبارت پرتو نگاری به معنی فرایندی است که در نتیجه آن، تصویری روی فیلم ایجاد شود. بررسی این فیلم را تفسیر می گوییم.

پس از این که فیلم پرتو نگاری ظاهر شد، تصویری سایه روشن با چگالی متفاوت مشاهده می شود. قسمتهایی از فیلم که بیشترین مقدار تابش را دریافت کرده اند، سیاه تر دیده می شوند. همچنانکه پیشتر گفته شد، مقدار تابش جذب شده توسط ماده، تابعی از چگالی و ضخامت آن خواهد بود. همچنین وجود عیوب خاص، مانند حفره ها و تخلخل درون ماده، بر مقدار تابش جذب شده تاثیر خواهد گذاشت. بنابراین پرتو نگاری می تواند برای آشکار سازی انواع خاصی از عیوب در بازرسی مواد و قطعات به کار رود. استفاده از پرتو نگاری و فرایندهای مربوط به آن باید به شدت کنترل شود، زیرا قرار گرفتن انسان در معرض پرتو می تواند منجر به آسیب بافت بدن شود.

### آزمون التراسونیک (فراصوتی)<sup>۵</sup>

در این روش، امواج صوتی با بسامد ۰/۵ تا ۲۰ مگاهرتز به درون قطعه فرستاده می شود. این موج پس از برخورد به سطح مقابل قطعه باز تابیده می شود. با توجه به زمان رفت و برگشت موج، می توان ضخامت قطعه را تعیین کرد. حال اگر یک عیب در مسیر رفت و برگشت موج باشد، از این محل هم موجی بازتابیده خواهد شد که اختلاف زمانی نسبت به مرحله اول، محل عیب را مشخص می کند. روشهای فراصوتی به طور گسترده ای برای آشکارسازی عیوب داخلی مواد به کار می روند ولی می توان از آنها برای آشکارسازی ترکهای کوچک سطحی نیز استفاده کرد.

### بازرسی با ذرات مغناطیسی<sup>۶</sup>

بازرسی با ذرات مغناطیسی، روش حساسی برای ردیابی عیوب سطحی و برخی نقصهای زیر سطحی قطعات فرو مغناطیسی است. پارامترهای اساسی فرایند به مفاهیم نسبتاً ساده ای بستگی دارد. هنگامی که یک قطعه فرومغناطیسی، مغناطیس می شود، ناپیوستگی مغناطیسی که تقریباً در راستای عمود بر جهت میدان مغناطیسی واقع است، موجب ایجاد یک میدان نشی قوی می شود. این میدان نشی در رو و بالای سطح قطعه مغناطیس شده حضور داشته و می تواند آشکارا توسط ذرات ریز مغناطیسی دیدپذیر شود. پاشیدن ذرات خشک یا ذرات مرطوب با یک مایع محلول بر روی سطح قطعه، موجب تجمع ذرات مغناطیسی روی خط گسل خواهد شد. بنابراین پل مغناطیسی تشکیل شده، موقعیت، اندازه و شکل ناپیوستگی را نشان می دهد. یک قطعه را می توان با به کاربردن آهنرباهای دائم، آهنرباهای الکتریکی و یا عبور یک جریان قوی از درون یا برون قطعه، مغناطیس کرد. با توجه به این که با روش آخر می توان میدانهای مغناطیسی با شدت زیاد در داخل قطعه ایجاد کرد، این روش به صورت گسترده ای در کنترل کیفی محصول به کار می رود زیرا این روش حساسیت خوبی برای شناسایی عیوب قطعات و آشکارسازی آنها عرضه می دارد.

### آزمون مایع نافذ<sup>۷</sup>

ترکهای سطحی و منافذی که با چشم عادی قابل رویت نمی باشند بوسیله آزمون مایع نافذ شناسایی می شوند. این روش در شناسایی منافذ جوش کاربرد فراوانی دارد. شایان گفتن است که فولادهای آستنیتی و فلزات غیر آهنی که با روش ذرات مغناطیسی قابل آزمایش نیستند، از روش مایع نافذ ارزیابی می شوند.

آزمون مایع نافذ را به دو طریق، با استفاده از رنگ مرئی و فلورسنت می توان انجام داد ابتدا سطح قطعه مورد نظر تمیز و خشک شده و سپس بوسیله مایع نافذ<sup>۸</sup> سطح مورد نظر پوشانده شده و بر اثر خاصیت موینگی، نافذ به درون ترکها نفوذ می کند. ظاهر کننده<sup>۹</sup> که پودر سفید رنگی می باشد روی

سطح اسپری می شود. ظاهر کننده باعث می شود مایع نافذ از ترکها بیرون کشیده شود و در نتیجه رنگ بر روی سطح پس می زند. سپس بوسیله بازرسی چشمی تحت نور سفید (در صورت استفاده از رنگ مرئی) و یا نور ماورابنفش (در صورت استفاده از رنگ فلورسنتی) نشانه های رنگی ایجاد شده مشاهده شده و محل عیوب و ترکها مشخص می گردد.

### ویژگی های آزمون غیر مخرب

به طور کلی انواع آزمونهای غیر مخرب از پارامترهایی برخوردارند که می توان آنها را به صورت زیر دسته بندی کرد:

- منبع انرژی؛
  - یک قطعه کار متناسب با منبع انرژی؛
  - قطعه آزمون برای اندازه گیری تفاوت ها؛
  - وسیله ای برای نشان دادن و ثبت نتایج آزمون؛
  - اپراتور آموزش دیده و مفسر مسلط؛
  - دستور العمل برای انجام آزمون؛ و
  - سیستم ثبت و گزارش نتایج.
- با همین رویکرد می توان مراحل زیر را برای آزمون غیر مخرب در نظر گرفت:
- مرحله اول: استفاده از یک خاصیت فیزیکی جسم و محیط تست.
- مرحله دوم: تغییر در خاصیت فوق به دلیل وجود عیب.
- مرحله سوم: آشکار سازی تغییر ایجاد شده به کمک یک آشکارساز مناسب.
- مرحله چهارم: تبدیل تغییر آشکار شده به نحوی که قابل تفسیر باشد.
- مرحله پنجم: تفسیر نتایج.

### مقایسه روشها

در جدول زیر به صورت خیلی کلی به کاربردها و محدودیت های چند روش مرسوم پرداخته شده است:

روش	کاربردها	معایب و محدودیتها
مایع نافذ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ مواد غیر متخلخل.</li> <li>○ برای بازرسی جوش، لحیم، آلیاژهای ریختگی، آلیاژهای کار شده، قطعات آلومینیومی، دیسک و پره های توربین، چرخ دنده.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ نیاز به دسترسی به سطح مورد آزمایش.</li> <li>○ عیوب حتماً باید در سطح، شکستگی ایجاد کرده باشند. (راه به در).</li> <li>○ ممکن است سطح نیاز به تمیزکاری داشته باشد</li> <li>○ عیوب ترک مانند که بسیار باریک هستند، خصوصاً زمانی که تحت تأثیر نیرویی قرار گیرند که موجب بسته شدن آنها گردد و همچنین عیوب بسیار کم عمق به سختی قابل تشخیص هستند.</li> <li>○ عمق عیب قابل اندازه گیری نیست.</li> </ul>
ذرات مغناطیسی	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ مواد دارای خاصیت آهنربایی.</li> <li>○ عیوب سطحی و عیوب نزدیک به</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ تشخیص عیوب تحت تأثیر عواملی مانند شدت میدان و جهت آن می باشد.</li> </ul>

	<p>سطح با این روش قابل تشخیص می‌باشند.</p> <p>○ قابل استفاده برای جوش، لوله، آلیاژهای ریختگی، آلیاژهای کار شده، مواد اکستروود شده، محورها و دنده‌ها.</p>	<p>○ نیاز به سطحی تمیز و نسبتاً هموار.</p> <p>○ نیاز به بست نگهدارنده برای دستگاه ایجاد کننده میدان.</p> <p>○ قطعه مورد آزمایش باید قبل از آزمون غیر آهنربایی شود که انجام این کار برای بعضی از قطعات و مواد دشوار است.</p> <p>○ عمق عیوب را نمی‌توان اندازه گرفت.</p>
<p>رادیوگرافی گاما</p>	<p>○ عموماً برای مواد ضخیم و با چگالی بالا استفاده می‌شود.</p> <p>○ برای تمامی اشکال و فرمها به کار می‌رود؛ ریخته‌گری، کار شده، جوش، قطعات الکترونیکی، صنایع هوایی، دریایی و خودروسازی.</p>	<p>○ حساسیت این روش به اندازه اشعه X نیست.</p> <p>○ خطرات تشعشع.</p> <p>○ کاهش حساسیت با افزایش ضخامت قطعه.</p>
<p>فراصوتی (التراسونیک)</p>	<p>○ مواد فلزی و غیر فلزی و کامپوزیت‌ها.</p> <p>○ عیوب سطحی و غیر سطحی.</p> <p>○ قابل استفاده برای جوش، اتصالات، آلیاژهای ریختگی، آلیاژهای کار شده و همچنین برای تعیین ضخامت مواد.</p> <p>○ برای پایش فرسودگی.</p>	<p>○ عموماً تماسی است، گاهی به صورت مستقیم و گاه بواسطه محیط واسط.</p> <p>○ نیاز به حسگرهای متفاوت برای کاربردهای مختلف؛ عموماً به لحاظ بازه فرکانسی.</p> <p>○ حساسیت تابعی از فرکانس مورد استفاده است و بعضی از مواد به خاطر ساختارشان باعث پخش شدن قابل ملاحظه امواج فراصوت می‌گردند. امواج بازگشتی از این گونه امواج عموماً به سختی از نویز قابل تمیز است.</p> <p>○ تشخیص برخی عیوب در قطعات نازک دشوار و گاه ناممکن است.</p>
<p>رادیوگرافی اشعه ایکس</p>	<p>○ مواد فلزی و غیر فلزی و کامپوزیت‌ها.</p> <p>○ برای تمامی اشکال به کار می‌رود؛ ریخته‌گری، کار شده، جوش، قطعات الکترونیکی، صنایع هوایی، دریایی و خودروسازی.</p>	<p>○ نتایج آزمون تا حد زیادی وابسته به تعیین فاصله کانونی، ولتاژ و زمان قرارگیری در معرض تشعشع است.</p> <p>○ خطرات تشعشع.</p> <p>○ کاهش حساسیت با افزایش ضخامت قطعه.</p> <p>○ برخی محدودیتها به دلیل اندازه دستگاه تولید اشعه ایکس.</p>

## اهمیت آزمونهای غیر مخرب در پروژه های نیروگاهی

روشهای مختلفی برای تولید وجود دارد که یکی از آنها استفاده از اتصال قطعات به یکدیگر است. این اتصال می تواند توسط پیچ، پرچ، چسب و جوش ایجاد گردد. در تمام دنیا به طور میانگین، جوشکاری در حدود ۸۰ درصد موارد به عنوان روش اتصال قطعات به یکدیگر کاربرد داشته و سه روش دیگر در ۲۰ درصد موارد به کار می روند. در پروژه های نیروگاهی از تولید تا انتقال و توزیع نیز شاهد هستیم که فرآیندهای مختلف جوشکاری کاربرد گسترده ای دارند و برای کنترل کیفیت، همواره از یکی از تکنیکهای آزمونهای غیر مخرب بر اساس استاندارد و کد مربوطه استفاده می شود.

## آزمون رادیوگرافی و آزمون التراسونیک در کدها و استانداردهای مورد استفاده در طراحی و ساخت نیروگاه

تا چندین سال پیش عموماً در کدها و دستورالعملهای فنی اولویت به رادیوگرافی داده می شد و حتی در برخی موارد صراحتاً انجام آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی غیر مجاز دانسته شده بود. امروزه با پیشرفتهای صورت گرفته که دستاورد آن ابداع تکنیکهای جدیدی مانند PAUT (سر نام واژه های Phased Array UT) و نیز TOFD (سرنام واژه های Time of Flight Diffraction) می باشد، اینک در بسیاری از موارد دو روش رادیوگرافی و التراسونیک معادل هم در نظر گرفته می شوند. پژوهشهایی نیز در مراکز معتبر مرتبط مانند EPRI (سرنام واژه های Electric Power Research Institute) در این مورد به انجام رسیده است و مقاله هایی نیز با استناد به نتایج آزمونهای عملی منتشر شده اند.

در ویرایش جدید کدها و استانداردها این پیشرفتهای بازتاب یافته اند و به عنوان مثال ASME Sec. IX که مربوط به جوشکاری است و تهیه بیشتر دستورالعملهای جوشکاری و گزارش کیفیت آنها<sup>۱۱</sup> و نیز آزمون مهارت جوشکاران<sup>۱۲</sup> در تمامی پروژه های نیروگاهی کشور بر اساس آن انجام می شود، در آخرین ویرایش خود (۲۰۱۰) این اجازه را داده است تا برای آزمون جوشکاران که تا پیش از این فقط از رادیوگرافی استفاده می شد بتوان از التراسونیک نیز استفاده نمود و به طور کلی به جای واژه RT از عبارت Volumetric NDE استفاده نموده است که هم رادیوگرافی و هم التراسونیک را شامل می گردد.

مشابه این در ASME Sec. I که مربوط به طراحی و ساخت بویلرهای نیروگاهی است نیز وجود دارد و این کد نیز عبارت Volumetric NDE را از سال ۲۰۱۰ به کار برده است و صراحتاً در بند PW-11.1 استفاده از هر یک از دو روش رادیوگرافی یا التراسونیک را برای ضخامتهای بیش از ۱۳ میلیمتر مجاز دانسته است.

در حال حاضر پروژه های زیادی برای ساخت مخزن به منظور افزایش ذخیره سازی سوخت (مازوت-گازوئیل) در نیروگاه های کشور بر اساس استاندارد API 650 در حال انجام است، که از این استاندارد برای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت این مخازن فلزی استفاده می گردد. در پیوست U این استاندارد استفاده از آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی برای ضخامت جوش بیش از ۱۰ میلیمتر مجاز دانسته شده است.

در مورد پایپینگ (البته فرآیندی و نه نیروگاهی) نیز راهکارهایی از سوی کمیته فنی کد در قالب Code Case ارائه شده است که تحت B31 CASE 181 با عنوان زیر منتشر شده است:

### Use of Alternative Ultrasonic Examination Acceptance Criteria in ASME B31.3

برای مخازن تحت فشار، الزامات این جایگزینی در بند 7.5.5 از ASME Sec. VIII Div.2 آمده است.

شایان توجه است جایگزینی آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی در فورومهای بین المللی (تالارهای گفتگوی تخصصی اینترنتی) نیز به بحث گذاشته شده است و نظرات متفاوتی پیرامون چگونگی جایگزینی و روشهای مناسب جایگزین ابراز گردیده است.

## شرایط موجود پروژه های نیروگاهی کشور

هم اکنون در پروژه های نیروگاهی، بیشتر آزمونهای رادیوگرافی با روش گاما انجام می گردد که باید پرتو را عناصر یا ایزوتوپهای طبیعی رادیو اکتیو که می توانند از خود اشعه ساطع کنند مانند Cobalt-60 (با نیمه عمر ۵ سال) یا Iridium-192 (با نیمه عمر ۷۴ روز) ایجاد کنند که به آنها چشمه<sup>۱۳</sup> گفته می شود. به دلیل شرایط موجود و تحریمهای اعمال شده، بنا بر اظهار پیمانکاران و نیز صنف مربوطه، از سال گذشته امکان واردات این چشمه ها وجود نداشته که باعث دشوار شدن و حتی در برخی موارد ناممکن شدن رادیوگرافی با روش گاما شده است.

## راهکارهای موجود برای برون رفت از این چالش



همان گونه که پیشتر نیز اشاره شد برای ضخامتهای بالا استفاده از آزمون التراسونیک به جای رادیوگرافی توسط کدها و استانداردهای مربوطه مجاز دانسته شده اند اما برای ضخامتهای کم، کدها و استانداردها فقط استفاده از رادیوگرافی را مجاز می دانند و بر این امر با آوردن واژه shall تاکید نموده اند.

به منظور انتخاب روش التراسونیک مناسب برای ضخامتهای زیاد ( آیا از روش التراسونیک معمولی استفاده شود؟ آیا شرط recordable بودن نتایج الزامی است؟ آیا باید بر استفاده از روشهای جدیدی مانند PAUT یا TOFD که خوشبختانه در کشور ما به صورت تجاری درآمد یافته و کارشناسان و اپراتورهای تائید صلاحیت شده و ماهر برای انجام آنها نیز وجود دارد، پافشاری نمود؟ آیا باید در موارد حساس از ترکیب PAUT+TOFD استفاده گردد؟) و نیز تصمیم گیری در مورد چگونگی بازرسی و آزمون ضخامتهای کم (با توجه به الزام کد و استاندارد بر انجام رادیوگرافی ضخامتهای کم، آیا بهتر است از روش رادیوگرافی اشعه گاما با همان چشمه های ضعیف موجود و با تغییر در نوع فیلم رادیوگرافی استفاده نمود؟ آیا استفاده از رادیوگرافی اشعه ایکس با توجه به حساسیت بسیار خوب آن و وجود امکانات و پرسنل آموزش دیده توصیه گردد؟ آیا می توان برای معیار ضخامت کم کد، relaxation قائل گردید و مثلا به جای ۱۰ میلیمتر، ضخامت ۸ میلیمتر را در نظر گرفت؟) باید با استفاده از تجارب موجود ( مانند تجارب صنعت نفت در فازهای پارس جنوبی) و نیز قضاوت مهندسی<sup>۱۳</sup>، و با در نظر گرفتن تمامی جوانب فنی و نیز محدودیتهای موجود و همچنین در نظر گرفتن راهکارهایی جهت حصول اطمینان از درستی نتایج (مثلا cross check کردن نتایج آزمون رادیوگرافی و التراسونیک برای یک ضخامت معین)؛ در این مورد تصمیم گیری شود.

### تصمیمی کلیدی و مهم

با توجه به اهمیت بازرسی و آزمون و تاثیر به سزای آن در کیفیت نهایی پروژه های نیروگاهی، روشن است که در مورد جایگزینی روش رادیوگرافی، باید سیاستی درست و یکنواخت برای تمام پروژه های جاری نیروگاهی اتخاذ گردیده و به تمام دست اندرکاران اطلاع رسانی گردد تا با در پیش گرفتن رویه ای واحد در بازرسی و آزمون و با تهیه دستورالعملهای مرتبط، حفظ کیفیت، تضمین گردد.

در این زمینه بایسته است نظر افراد و انجمنهای متخصص مانند انجمن صنفی شرکتهای بازرسی و آزمایشهای غیر مخرب ایران (که برای انجام مشاوره در این مهم اعلام آمادگی نموده است) یا انجمن جوشکاری و آزمایشهای غیر مخرب ایران که به نوعی مراجع آزمونهای غیر مخرب کشور محسوب می گردند، و یا سایر شرکتهای دانش محور و مجرب مجری آزمونهای غیر مخرب خواسته شود و حتی با فراخواندن آنها در جلساتی، این موضوع به بحث و پرسش گذاشته شود. حتی در این مورد می توان برگزاری همایش را نیز در نظر داشت تا تمامی نظرات متخصصان در قالب مقالاتی جمع آوری و نتیجه به دست آمده در عمل مورد استفاده قرار گیرد.

### پی نوشت

- ۱- (Destructive testing)(DT)
- ۲- (Non-Destructive testing)(NDT)
- ۳- (Visual testing)(VT)
- ۴- (Radiography Testing)(RT)
- ۵- (Ultrasonic Testing)(UT)
- ۶- (Magnetic Particle Testing)(MT)
- ۷- (Penetrant Testing)(PT)
- ۸- Penetrant
- ۹- Developer
- ۱۰- WPS & PQR
- ۱۱- WPQ
- ۱۲- Source
- ۱۳- engineering judgment



- 1- <http://www.iran-eng.com/showthread.php/31254>
- 2- <http://fa.wikipedia.org/wiki>
- 3- [http://www.civilica.com/Paper-ICTINDT02-ICTINDT02\\_057.html](http://www.civilica.com/Paper-ICTINDT02-ICTINDT02_057.html)
- 4- <http://sadequesfidan.blogspot.com/1391/05/08/post-46/>
- 5- [www.irsnt.com/index.php?option...id...](http://www.irsnt.com/index.php?option...id...)
- 6- [pbadupws.nrc.gov/docs/ML1016/ML101610106.pdf](http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1016/ML101610106.pdf)
- 7- [www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr301.pdf](http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr301.pdf)
- 8- Walter J. Sperko, Summary of Changes in ASME Section IX, 2010 Edition, Welding Journal, August 2010
- 9- 2010 ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section I: Rules for Construction of Power Boilers
- 10- API Std 650, Welded Tanks for Oil Storage, 11th Edition, Addendum 2 (2009)
- 11- Cases of the Code for Pressure Piping – B31
- 12- 2010 ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section VIII, Division 2: Alternative Rules
- 13- <http://www.ndt.net/forum/forum.php>
- 14- <http://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=312195>
- 15- <http://www.qcpage.com/index.php/>

۱۶- آزمون مواد، ورنون جان، ترجمه: دکتر علی حائریان، دکتر محسن کهرم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۵

۱۷- اصول و کاربرد تستهای غیر مخرب در جوشکاری، ترجمه: مهندس مجید مصلی، نشر طراح، ۱۳۸۷